

10/529065

JC17 Rec'd PCT/PTO 24 MAR 2005

1 / 1 WPAT - ©Thomson Derwent - image

**Accession Nbr :**

2001-308174 [32]

**Sec. Acc. Non-CPI :**

N2001-220546

**Title :**

Piezoactuator for mechanical component e.g. fuel injection valve, has piezoelectric layers alternating with inner electrodes of base metal or base metall alloy

**Derwent Classes :**

V06 X22

**Patent Assignee :**

(BOSC ) BOSCH GMBH ROBERT

**Inventor(s) :**

BOECKING F; HAMMER M; SUGG B

**Nbr of Patents :**

2

**Nbr of Countries :**

22

**Patent Number :**

WO200124287 A2 20010405 DW2001-32 H01L-041/083 Ger 11p \*

AP: 2000WO-DE03227 20000916

DSNW: CZ JP KR US

DSRW: AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LU MC NL PT SE

DE19946834 A1 20010503 DW2001-32 H01L-041/083

AP: 1999DE-1046834 19990930

**Priority Details :**

1999DE-1046834 19990930

**IPC s :**

H01L-041/083 H01L-041/047 H01L-041/16 H01L-041/24 H02N-002/02

**Abstract :**

WO200124287 A

NOVELTY - The piezoactuator (1) has a multi-layer structure with piezoelectric layers (2) and intermediate inner electrodes (4,5) coupled to an external voltage via external electrodes (6,7) on opposite sides of the structure. The inner electrodes are made of a base metal or a base metal alloy, e.g. Cu or a Cu alloy, or Ni or a Ni alloy.

DETAILED DESCRIPTION - An INDEPENDENT CLAIM for a manufacturing method for a piezoactuator is also included.

USE - The piezoactuator is used for operating a mechanical component, e.g. a fuel injection valve for an automobile engine.

ADVANTAGE - The delamination between the piezoelectric layers and the inner electrode layers is prevented.

DESCRIPTION OF DRAWING(S) - The figure shows a perspective view of a piezoactuator.

Piezoactuator 1

Piezoelectric layers 2

Inner electrodes 4,5

Outer electrodes 6,7 (Dwg.1/1)

**Manual Codes :**

EPI: V06-M06D V06-M11 V06-U03 X22-A02A

**Update Basic :**

2001-32

**Update Basic (Monthly) :**

2001-06

**Update Equivalents :**

2001-32

**Update Equivalents (Monthly) :**

2001-06



⑯ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

⑯ Offenlegungsschrift  
⑯ DE 199 46 834 A 1

⑯ Int. Cl.<sup>7</sup>:  
**H 01 L 41/083**  
H 01 L 41/047  
H 01 L 41/16  
H 01 L 41/24  
H 02 N 2/02  
// F02M 51/06

⑯ Anmelder:  
Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart, DE

⑯ Erfinder:  
Sugg, Bertram, Dr., 70839 Gerlingen, DE; Hammer,  
Marianne, Dr., 70563 Stuttgart, DE; Boecking,  
Friedrich, 70499 Stuttgart, DE

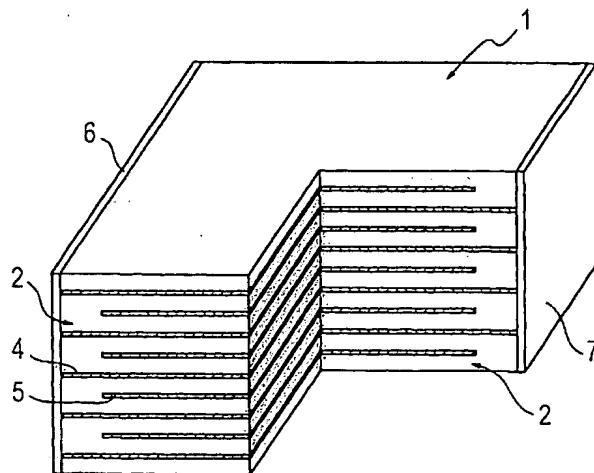
⑯ Entgegenhaltungen:  
DE 197 53 930 A1  
JAFFE, B. et al.: Piezoelectric Ceramics,  
Academie Press, London, 1971, S.262-263;

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑯ Piezoaktor und ein Verfahren zu dessen Herstellung

⑯ Es wird ein Piezoaktor, beispielsweise zur Betätigung eines mechanischen Bauteils, vorgeschlagen, mit einem Mehrschichtaufbau von Piezolagen (2) und dazwischen angeordneten Innenelektroden (4, 5), an die eine äußere elektrische Spannung anlegbar ist und einer wechselseitigen seitlichen Kontaktierung der Innenelektroden (4, 5) an Außenelektroden (6, 7). Die Innenelektroden (4, 5) sind aus einem unedlen Metall oder dessen Legierungen hergestellt, wobei insbesondere Kupfer (Cu) oder Kupferlegierungen bzw. Nickel (Ni) oder Nickellegierungen in Frage kommen.



DE 199 46 834 A 1

DE 199 46 834 A 1

## Beschreibung

## Stand der Technik

Die Erfindung betrifft einen Piezoaktor, beispielsweise zur Betätigung eines mechanischen Bauteils wie ein Ventil oder dergleichen, nach den gattungsgemäßen Merkmalen des Hauptanspruchs.

Es ist allgemein bekannt, dass unter Ausnutzung des so genannten Piezoeffekts einen Piezoaktor aus einem Material mit einer geeigneten Kristallstruktur aufgebaut werden kann. Bei Anlage einer äußeren elektrischen Spannung erfolgt eine mechanische Reaktion des Piezoelements, die in Abhängigkeit von der Kristallstruktur und der Anlagebereiche der elektrischen Spannung einen Druck oder Zug in eine vorgebbare Richtung darstellt. Aufgrund dieses extrem schnellen und genau regelbaren Effektes können solche Piezoaktoren zum Bau von Stellern, beispielsweise für den Antrieb von Schaltventilen bei Kraftstoffeinspritzsystemen in Kraftfahrzeugen vorgesehen werden. Hierbei wird die spannungs- oder ladungsgesteuerte Auslenkung des Piezoaktors zur Positionierung eines Steuerventils genutzt, das wiederum den Hub einer Düsenadel regelt. Ein großer Vorteil der Piezoaktoren ist dabei die Realisierung präziser und sehr schneller Auslenkungen mit hohen Kräften.

Piezoaktoren können hier metallisierte keramische Baulemente sein, die in vielen technischen Bereichen ihre Anwendung als Stellelemente finden. Herkömmliche piezokeramische Baulemente können dabei aus einem monolithischen keramischen Block mit Abmessungen im mm- bis cm-Bereich bestehen, auf dessen Endflächen die Innenelektroden abgeschieden werden. Typische Bauformen sind hier ein Quader, runde Scheiben oder Ringe. Diese Formen haben den Nachteil, dass für den Betrieb als Piezoaktor hohe Spannungen (1,6 kV/mm Dicke) erforderlich sind.

Um diesen Nachteil zu umgehen wurden Vielschichtaktoren (Multilayer-Aktoren) aus einem Schichtverbund aus dünnen Keramikschichten (in der Regel < 0,1 mm) entwickelt, wobei die Innenelektroden, über die die elektrische Spannung aufgebracht wird, jeweils zwischen den Schichten angeordnet werden. Die Keramikschichten werden hierbei elektrisch parallel geschaltet, so dass die notwendige Steuerspannung in Vergleich zu den weiter oben erwähnten monolithischen Piezoaktoren bei gleicher Länge und Anzahl der Schichten sinkt. Der Aufbau dieser Piezoaktoren erfolgt somit in üblicher Weise durch Übereinanderstapeln mehrerer Piezolagen, wobei die Gefahr von Rissen in der Keramik der Piezolagen aufgrund inhomogener elektrischer Feldverteilungen gegeben ist. Auch besteht aufgrund des notwendigen Herstellungsverfahrens (z. B. Sintern) oder der verwendeten Werkstoffe die Gefahr von Delaminationen zwischen der Keramik und den Innenelektroden, beispielsweise aufgrund verminderter Haftfestigkeit, was zu einer Verkürzung der Lebensdauer des Piezoaktors führen kann.

## Vorteile der Erfindung

Der eingangs beschriebene Piezoaktor mit einem Mehrschichtaufbau von Piezolagen und dazwischen angeordneten Innenelektroden, an die eine äußere elektrische Spannung anlegbar ist und einer wechselseitigen seitlichen Kontaktierung der Innenelektroden an Außenelektroden wird in vorteilhafter Weise dadurch weitergebildet, dass die Innenelektroden aus einem unedlen Metall oder dessen Legierungen sind.

Typische Bauformen der Piezoaktoren in einem Mehrschichtaufbau bestehen z. B. aus bis zu 500 Schichten mit einer Keramikschichtdicke von 60 bis 120 µm und einer In-

nenelektroddicke von 1 bis 5 µm, so dass die Steuerspannung auf 100 bis 200 mV reduziert werden kann. Als Elektrodenmaterial wurde bisher in der Regel Ag<sub>70</sub>Pd<sub>30</sub> angewandt, wobei ein Problem in der während des Sintervorganges ablaufenden Ag/Pd-Migration (Diffusion) des Innenelektrodenmaterials in die Keramik der Piezolagen bestand.

Der Grund für die vor allem Ag-Migration (Diffusion) liegt in der Sintertemperatur, die ca. 1100°C beträgt und damit nahe der Schmelztemperatur des üblicherweise verwendeten Elektrodenmaterials Ag<sub>70</sub>Pd<sub>30</sub> (Schmelztemperatur bei 1160°C) liegt.

Da die eingangs schon erwähnten Nachteile, wie Ablösungen der Innenelektroden vom Keramikmaterial der Piezolagen oder elektrische Durchschläge und abnehmende Leitfähigkeiten innerhalb der Innenelektrodenschichten, können dabei zum Versagen des Piezoaktors führen. Gemäß zweier besonders vorteilhafter Ausführungsformen der Erfindung sind die Innenelektroden aus Kupfer (Cu) bzw. Kupferlegierungen oder aus Nickel (Ni) bzw. Nickellegierungen hergestellt.

Mit der erfindungsgemäßen Materialauswahl kann zum einen eine Steigerung der Zuverlässigkeit der Piezoaktoren erreicht werden; zum anderen tragen die unedlen Innenelektrodenmaterialien Cu oder Ni zu einer enormen Kostenreduzierung des gesamten Bauteils bei. Die beschriebenen Schadensbilder können bei dem Ersatz der bisher üblichen Ag<sub>70</sub>Pd<sub>30</sub> Innenelektroden durch unedle Cu- bzw. Ni-Innenelektroden oder deren Legierungen eingeschränkt werden, da von einer geringeren Metall-Migration (Diffusion) in die Keramik des Piezomaterials ausgegangen werden kann. Hierbei ist besonders die Verwendung von Nickel als Grundmaterial vorteilhaft, da die Schmelztemperatur hier mit 1453°C weit über der während der Herstellung erforderlichen Sintertemperatur liegt. Im Hinblick auf Kupfer als Grundmaterial ist vor allem eine sehr gute Oxidationsbeständigkeit und die gute elektrische Leitfähigkeit in Verbindung mit einer geringen Reaktivität mit der Pb-haltigen Keramik des Piezomaterials vorteilhaft.

Bei einem vorteilhaften Verfahren zur Herstellung eines Piezoaktor werden die Piezolagen aus keramischen Piezofolien in einem Foliengießverfahren hergestellt und mit dem unedlen Metall oder dessen Legierungen, zur Bildung der Innenelektroden, in einem Siebdruck oder ähnlichen Druckverfahren beschichtet. Die Piezolagen werden dann in einem Sinterprozess miteinander verbacken und es werden die Außenelektroden nach einer vorhergegangenen Grundmetallierung durch Löten mit den jeweils zugehörigen Innenelektroden kontaktiert, damit die äußere elektrische Spannung angelegt werden kann.

Diese und weitere Merkmale von bevorzugten Weiterbildungen der Erfindung gehen außer aus den Ansprüchen auch aus der Beschreibung und den Zeichnungen hervor, wobei die einzelnen Merkmale jeweils für sich allein oder zu mehreren in Form von Unterkombinationen bei der Ausführungsform der Erfindung und auf anderen Gebieten verwirklicht sein und vorteilhafte sowie für sich schutzfähige Ausführungen darstellen können, für die hier Schutz beansprucht wird.

## Zeichnung

Ein Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Piezoaktors wird anhand der einzigen Figur der Zeichnung erläutert, die eine Detailansicht eines Piezoaktors mit einem Schnitt durch die Piezolagen mit Innenelektroden zeigt.

## Beschreibung des Ausführungsbeispiels

In Fig. 1 ist ein Teil eines Piezoaktors 1 gezeigt, bei dem Piezolagen 2 zu erkennen sind, die aus laminierten Piezofolien gebildet sind. Die Piezofolien sind aus einem Keramikmaterial mit einer geeigneten Kristallstruktur aufgebaut, so dass unter Ausnutzung des sogenannten Piezoeffekts bei Anlage einer äußeren elektrischen Spannung an Innenelektroden 4 und 5, die jeweils zum Abschluss einer jeden Piezolage 2 beispielsweise durch Siebdruck, angebracht sind, eine mechanische Reaktion der Piezolagen 2 und somit des gesamten Piezoaktors 1 erfolgt.

Die Innenelektroden 4 und 5 nach der Fig. 1 sind seitlich, wechselseitig an Außenelektroden 6 und 7 kontaktiert, an die außen die elektrische Spannung angelegt werden kann. Die jeweils nicht kontaktierte Innenelektrode 4 oder 5 ist dabei innerhalb des Lagenaufbaus zur Vermeidung eines Kurzschlusses etwas zurückgesetzt. Gemäß der Erfindung sind die Innenelektroden aus Kupfer (Cu)-bzw. Kupferlegierungen oder aus Nickel (Ni) bzw. Nickellegierungen hergestellt.

## Patentansprüche

1. Piezoaktor, mit
  - einem Mehrschichtaufbau von Piezolagen (2) und dazwischen angeordneten Innenelektroden (4, 5) an die eine äußere elektrische Spannung anlegbar ist und einer wechselseitigen seitlichen Kontaktierung der Innenelektroden (4, 5) an Außenelektroden (6, 7), wobei
  - die Innenelektroden (4, 5) aus einem unedlen Metall oder dessen Legierungen hergestellt sind.
2. Piezoaktor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass
  - die Innenelektroden (4, 5) aus Kupfer (Cu) oder Kupferlegierungen hergestellt sind.
3. Piezoaktor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass
  - die Innenelektroden (4, 5) aus Nickel (Ni) oder Nickellegierungen hergestellt sind.
4. Piezoaktor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass
  - die Schichtdicke der Innenelektroden (4, 5) ca. 1 bis 5 µm, die Schichtdicke der Piezolagen (2) ca. 60 bis 120 µm bei einer Anzahl der Piezolagen (2) bis 500 beträgt.
5. Verfahren zur Herstellung eines Piezoaktor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass
  - die Piezolagen (2) aus keramischen, laminierten Piezofolien in einem Foliengießverfahren hergestellt und mit dem unedlen Metall oder dessen Legierungen, zur Bildung der Innenelektroden (4, 5) in einem Siebdruck oder ähnlichen Druckverfahren beschichtet werden, dass
  - die aus den Piezofolien (3) gebildeten Piezolagen (3) in einem Sinterprozess miteinander verbunden werden und dass
  - die Außenelektroden (6, 7) nach einer vorhergegangenen Grundmetallisierung durch Löten mit den jeweils zugehörigen Innenelektroden (4, 5) kontaktiert werden.

FIG. 1

